图书情报工作
第 65 卷 第 16 期 2021 年 8 月

FAIR 数据评估模型与工具研究*

■ 叶兰
深圳大学图书馆 深圳 518060

摘 要：[目的/意义] 对比分析 FAIR 数据评估模型与工具，为数据建设和数据管理过程中利益相关者评估 FAIR 数据的遵循度提供参考。[方法/过程] 通过文献综述及模型文本的研究，从评估指标和评估方法两方面介绍国际上 7 个评估 FAIR 数据遵循度的指标模型与工具，采用比较分析法从评估方法的类型、评估方法的自动化程度、评估方法的可操作性、指标数量与分布、元数据指标设置、指标清晰度等 6 个方面对比分析各模型与工具。[结果/结论] 基于对比与评析结果，为选择与应用 FAIR 数据评估模型与工具提出"FAIRsFAIR 数据对象评估 + FAIR 数据成熟度模型"的方案。

关键词：FAIR 评估 FAIR 遵循度 FAIR 成熟度 FAIR 指标 数据 FAIR 化 FAIR 原则
分类号：G250
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2021.16.015

可发现(Findable)、可访问(Accessible)、可互操作(Interoperable)、可重用(Reusable)，简称 FAIR 原则，是由 FORCE 11 组织于 2016 年正式发布的准则，旨在提高科学数据的开放性、透明性和可重用性。

FAIR 为数据建设和数据管理过程中数据应达到的最优状态(最佳发现和重用)提供了一个通用的原则与指导。人们在数据建设和数据管理过程中，需要不断了解数据符合 FAIR 的程度(或 FAIR 遵循度、FAIR 实施程度)以明确需要进一步改进的问题。因此，建立明确的、有识别力的、可测量的并且通用性强的评估指标成为迫切需要。近年来，国际上已经有部分组织开始推出相应工具与方法评估数据符合 FAIR 的程度[1]。本文主要介绍 FAIR 指标小组(The FAIR Metrics Group)、荷兰数据存档与网络服务(The Dutch Data Archiving and Networked Services, DANS)、澳大利亚研究数据共享组织(Australian Research Data Commons, ARDC)、澳大利亚联邦科学与工业研究组织(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO)、研究数据联盟(Research Data Alliance, RDA)、FAIRsFAIR(Fostering FAIR data practices in Europe)、欧洲开放科学云(The European Open Science Cloud, EOSC)等组织提出的 7 个评估 FAIR 遵循度的指标模型与工具，为数据创建者(如研究人员等)、数据管理者(如数据中心、图书馆等)、数据服务提供者(如数据存储库等)、科研资助机构等评估数据符合 FAIR 的程度、了解数据的 FAIR 状态提供参考，进而推动数据的 FAIR 化水平。

1 国内外研究现状

随着 FAIR 原则的推出，越来越多的机构开始接受并支持该原则。国外研究主要集中于以下方面：①介绍与解读 FAIR 原则，如 GO FAIR 网站上发布的"FAIR 原则阐释"[2]，M. D. Wilkinson 等对 FAIR 原则的解释[3]，A. Jacobsen 等[4]逐条对 FAIR 原则进行解读并列出其实施注意事项。②研究如何实施 FAIR 原则，如 A. Jacobsen 等[5]提出了数字资源 FAIR 化的通用流程，GoFAIR 提出了某个领域的数据和服务 FAIR 化的全套方法、流程和工具[6]，还有一些团体机构发布了指导实施 FAIR 的建议，如欧盟委员会发布"将 FAIR 变为现实"的报告，为不同的利益相关方提出了 27 项详细的建议和行动[7]，欧洲开放科学云 FAIR 工作小组提出了推进 FAIR 实施的 6 项建议[8]。③研究应用 FAIR 原则评估数据存储库，如 M. Hahnel 和 V. Dan[9]调查了 10 个数据存储库遵循 FAIR 原则的情况，A. Dunning

* 本文系教育部人文社会科学研究青年基金项目"基于成熟度视角的高校图书馆科学数据管理服务能力评价研究"(项目编号：19YJC870028)研究成果之一。
作者简介：叶兰(ORCID:0000-0002-3079-5399)，副研究馆员，硕士，E-mail:yel@szu.edu.cn。
收稿日期：2020-12-29 修回日期：2021-03-18 本文起止页码：138-147 本文责任编辑：王传清

叶兰. FAIR 数据评估模型与工具研究[J]. 图书情报工作,2021,65(16):138－147.

等[10]分析了 40 多个数据存储库遵循 FAIR 原则的情况。不过这些分析并未使用某个正式的评估模型或依据某个评估标准,而是由作者基于数据存储库的帮助页面、元数据记录等相关资料去评估其是否符合 FAIR 原则,评估过程较为主观。因此,建立明确的、有识别力的、可测量的并且通用性强的评估指标评估数据实施 FAIR 的程度成为迫切需要。为此,FAIR 指标小组、荷兰数据存档与网络服务、澳大利亚研究数据共享组织、澳大利亚联邦科学与工业研究组织、研究数据联盟、FAIRsFAIR 、欧洲开放科学云等组织提出了各自的评估 FAIR 实施程度的模型或工具。

国内研究 FAIR 数据评估的文献较少,研究主要集中于对该原则的介绍,如 2019 年段青玉和王晓光[11]介绍 FAIR 原则,并调研北京大学开放研究数据平台、DANS、Huma-Num 人文社科领域三大代表性数据出版平台的 FAIR 原则实践措施。杨啸林等[12]研究 FAIR 准则在生物医学数据标准中的应用。之后,邢文明等[13]、宋佳等[14]对该原则进行了系统全面的介绍。此外,国内由中国科学院文献情报中心与麻省理工学院出版社(MIT Press)联合主办的英文期刊 *Data Intelligence* 在 2020 年 1－2 期刊登了关于 FAIR 的专题共 29 篇论文,涉及 FAIR 的概念、实施、案例分析等各个方面,为人们全面了解 FAIR 提供了便利。

通过分析国内外研究发现,如何评估 FAIR 的实施程度或了解数据符合 FAIR 的程度是 FAIR 实施与应用过程中一个非常重要的方面,正受到国际上一些组织的重视,并提出了一些评估框架与方法。本文将介绍国际上已有的 7 个主要评估 FAIR 实施程度的指标模型与工具,为数据建设和数据管理过程中利益相关者提供参考。

因下文介绍的 7 个评估工具基本依据 FAIR 原则设置其评估指标,关于 FAIR 原则的 15 个指标可参考邢文明等[13]的文章,在此不再赘述。

2 国际主要的 FAIR 数据评估模型与工具

2.1 以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具

以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具主要有 FAIR 遵循度评估指标体系、FAIRdat、FAIR 数据评估工具(FAIR data assessment tool)、5 星数据评估工具(5-star Data Rating Tool)这 4 个代表性工具。FAIR 遵循度评估指标体系是由 FAIR 原则的提出者 M. D. Wilkinson 等自主成立的 FAIR 指标小组于 2018 年提出的[15]。FAIRdat 是由荷兰数据存档与网络服务在 2017 年夏发布的评估数据集 FAIR 遵循度的工具[16]。FAIR 数据评估工具是由澳大利亚研究数据共享组织、澳大利亚国家电子化研究合作工具与资源项目(The National eResearch Collaboration Tools and Resources Project,NeCTAR Project) 和澳大利亚研究数据服务 (Research Data Services, RDS)合作开发的,主要是面向数据馆员及 IT 人员,也适用于软件工程师及研究人员[17]。5 星数据评估工具是澳大利亚联邦科学与工业研究组织基于数据评级系统开发的。

除了 5 星数据评估工具外,其余 3 个都是基于 FAIR 原则设置若干评估指标(见表 1)。FAIR 指标小组的 FAIR 遵循度评估指标体系共有 14 个指标,基本与 FAIR 15 条原则对应。FAIRdat 也是基于 FAIR 原则,在可发现、可访问、可互操作 3 个维度设计具体测量指标,在可重用维度未设置指标,其评分为前 3 个维度打分的平均值。FAIR 数据评估工具同样基于 FAIR 原则的 4 个维度分别设置评估指标。5 星数据评估工具共包括 14 个指标,其指标并没有完全根据 FAIR 原则来制定,仅部分指标可对应至 FAIR 原则,部分指标超越了 FAIR 原则,如监护、更新与维护、使用情况等指标。

表 1 以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具指标

评估工具	评估指标	对应的 FAIR 原则
FAIR 遵循度评估指标	标识符的唯一性	可发现
	标识符的永久性	
	元数据的机器可读性	
	元数据中的资源标识符	
	数据在可搜索引擎中建立索引	
	访问协议	可访问
	访问授权	
	元数据寿命	
	使用知识表示语言	可互操作
	使用 FAIR 词表	
	合格引用	
	可访问的数据使用协议	可重用
	溯源规范	
	符合领域标准	
FAIRdat	该数据集是否有永久标识符?	可发现
	该数据集是否有丰富的元数据?	
	是否有更多扩展的元数据或额外文档?	
	该数据集是否需要用户许可?	可访问
	即使数据不再可用,是否可以访问其元数据?	
	该数据集是否包含多个文档?	可互操作
	数据文档是否是专有的格式?	

（续表 1）

评估工具	评估指标	对应的 FAIR 原则
	该格式是否符合存档所偏好的格式?	
	是否使用标准的词表、编码或语言?	
	数据是否以关联数据(如 RDF 格式)表示,以与其他数据关联?	
	无	可重用
FAIR 数据评估工具	数据集标识符类型	可发现
	元数据包含数据集标识符	
	元数据格式(即如何使用元数据描述数据)	
	元数据记录的存储库类型	
	数据开放程度	可访问
	在线获取数据方式(协议、工具)	
	元数据记录的可用性	
	数据文件格式	可互操作
	定义数据元素的词汇表/本体/标记模式的类型	
	元数据外链接方式(关联至其他数据并指示关系)	
	数据许可声明的格式	可重用
5 星数据评估工具	发布	
	托管	A1
	监护	A2
	更新与维护	R1.1
	许可	F1
	引用	R1, F2, F3
	描述	R1, F2, F3
	可发现	I1
	可下载	
	可使用	I2, R1.3
	可理解	I2
	链接	I3
	可评价	R1.2
	可信任	

注:表 1 中“5 星数据评估工具”的 F、A、I、R 分别对应 FAIR 原则的可发现、可访问、可互操作、可重用,各细分指标具体参见 FAIR 原则

在评估方法上,以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具在每个指标下设置若干个问题,各个问题设置若干结果选项,通过回答问题产生评估结果。评估形式以网络清单/表单/列表或问卷形式开展,如 FAIR 指标小组的 FAIR 遵循度评估指标体系采取问卷形式,对每一个指标设置一个问题,共 15 个问题(22 项),请评估者回答相应问题完成对某资源 FAIR 遵循度的评估[18]。FAIRdat 也是对每一个指标设置一个问题,共 10 个,采取问卷形式请评估者回答相应问题完成对某数据集 FAIR 遵循度的评估[19]。FAIR 数据评估工具设置 11 个问题,以问卷的形式开展评估[17]。5 星数据评估工具基于 14 个指标设置了 14 个问题采用问卷形式回答每个指标的问题维度[20]。评估结果有的以一个总结果呈现,如 FAIR 数据评估工具的问题选项由 1 至 N 编号表示由优至劣,根据所选结果汇总最后给出一个绿色条形图表示评估结果。还有的呈现 FAIR4 个维度的星级结果(由 1 – 5 颗星表示),如 FAIRdat 每个问题都只设置简单的“是”或“否”选项,一个维度指标下的所有问题回答完后,如“可发现”维度,会给出该维度指标的星级。5 星数据评估工具在所有问题完成后,会给出 FAIR 4 个维度的星级(由 1 – 5 颗星表示)。

2.2　基于成熟度理论的评估工具

基于成熟度理论的评估工具以研究数据联盟的 FAIR 数据成熟度模型(FAIR Data Maturity Model)为代表,并在此基础上衍生出 FAIRsFAIR 数据对象评估指标、欧洲开放科学云 FAIR 评估指标。

研究数据联盟于 2019 年 1 月成立 FAIR 数据成熟度模型工作小组(FAIR Data Maturity Model Working Group),专门负责研究 FAIR 数据的评估。该小组历时一年多,于 2020 年 4 月正式发布了《FAIR 数据成熟度模型规范与指南建议》[21]。该文档基于成熟度模型提出了一个对 FAIR 遵循度的评估框架——FAIR 数据成熟度模型,模型包括评估指标、指标重要程度与评估方法。FAIR 数据成熟度模型的指标同样基于 FAIR 原则,共设计了 41 个指标(可发现 7 个,可访问 12 个,可互操作 12 个,可重用 10 个)(见表 2)。这些指标基于 FAIR 原则的指标并按照数据和元数据进行了划分,如“F1 数据(元数据)被分配全球唯一且持久的标识符”细分成了 RDA-F1-01M 、RDA-F1-01D 、RDA-F1-02M 、RDA-F1-02D 这 4 个指标。

此外,FAIR 数据成熟度模型还对指标的重要程度进行了区分。指标重要程度是基于数据提供者或数据出版商等对指标在 FAIR 实现中的重要性的认知,划分为 3 个重要性等级:非常重要、重要、有用。其中,“非常重要”表明该指标在大多数情况下对于实现 FAIR 具有非常重要的作用,“重要”是指该指标在某特定环境下不是那么很重要,但能很大程度上增强 FAIR 化。“有用”是指该指标能满足则更好,但不是必要的。在这 41 个指标中,“非常重要”的指标有 20 个,“重要”指标 14 个,“有用”指标 7 个。

FAIRsFAIR 数据对象评估指标(FAIRsFAIR Data Object Assessment Metrics)是 FAIRsFAIR 基于 RDA 的

叶兰. FAIR 数据评估模型与工具研究[J]. 图书情报工作,2021,65(16):138 – 147.

表 2　FAIR 数据成熟度模型的指标体系

对应的 FAIR 原则	评估指标	指标标识	重要程度
F1	元数据被分配永久标识符	RDA-F1-01M	●●●非常重要
F1	数据被分配永久标识符	RDA-F1-01D	●●●非常重要
F1	元数据被分配全球唯一标识符	RDA-F1-02M	●●●非常重要
F1	数据被分配全球唯一标识符	RDA-F1-02D	●●●非常重要
F2	具有丰富的元数据以促进数据(元数据)的发现	RDA-F2-01M	●●●非常重要
F3	元数据包含所描述的数据的标识符	RDA-F3-01M	●●●非常重要
F4	元数据在搜索应用服务中注册或索引	RDA-F4-01M	●●●非常重要
A1	元数据包含使用户能够检索到数据的相关信息	RDA-A1-01M	●● 重要
A1	元数据可人工检索(如人工干预)	RDA-A1-02M	●●●非常重要
A1	数据可人工检索(如人工干预)	RDA-A1-02D	●●●非常重要
A1	元数据标识符可关联至元数据记录	RDA-A1-03M	●●●非常重要
A1	数据标识符可关联至数字对象	RDA-A1-03D	●●●非常重要
A1	元数据可通过标准化协议检索	RDA-A1-04M	●●●非常重要
A1	数据可通过标准化协议检索	RDA-A1-04D	●●●非常重要
A1	数据可自动化检索(如通过计算机程序)	RDA-A1-05D	●● 重要
A1. 1	元数据可通过免费协议获取	RDA-A1. 1-01M	●●●非常重要
A1. 1	数据可通过免费协议获取	RDA-A1. 1-01D	●● 重要
A1. 2	数据获取需通过身份验证和授权	RDA-A1. 2-02D	● 有用
A2	即使数据不再可用,也可以访问其元数据	RDA-A2-01M	●●●非常重要
I1	元数据使用标准化格式的知识语言来表示	RDA-I1-01M	●● 重要
I1	数据使用标准化格式的知识语言来表示	RDA-I1-01D	●● 重要
I1	元数据使用机器可理解的知识语言来表示	RDA-I1-02M	●● 重要
I1	数据使用机器可理解的知识语言来表示	RDA-I1-02D	●● 重要
I2	元数据使用遵循 FAIR 原则的词汇表	RDA-I2-01M	●● 重要
I2	数据使用遵循 FAIR 原则的词汇表	RDA-I2-01D	● 有用
I3	元数据包含对其他元数据的引用	RDA-I3-01M	●● 重要
I3	数据包含对其他数据的引用	RDA-I3-01D	● 有用
I3	元数据包含对其他数据的引用	RDA-I3-02M	● 有用
I3	数据包含对其他数据的合格引用	RDA-I3-02D	● 有用
I3	元数据包含对其他元数据的合格引用	RDA-I3-03M	●● 重要
I3	元数据包含对其他数据的合格引用	RDA-I3-04M	● 有用
R1	用多维准确且相关的属性进行充分描述以提高数据的重用	RDA-R1-01M	●●●非常重要
R1. 1	元数据包含数据可重用的许可协议信息	RDA-R1. 1-01M	●●●非常重要
R1. 1	元数据指向一个标准化的重用许可	RDA-R1. 1-02M	●● 重要
R1. 1	元数据指向一个机器可理解的重用许可	RDA-R1. 1-03M	●● 重要
R1. 2	元数据包含符合特定领域标准的来源信息	RDA-R1. 2-01M	●● 重要
R1. 2	元数据包含符合跨领域标准的来源信息	RDA-R1. 2-02M	● 有用
R1. 3	元数据符合领域标准	RDA-R1. 3-01M	●●●非常重要
R1. 3	数据符合领域标准	RDA-R1. 3-01D	●●●非常重要
R1. 3	元数据以符合机器可理解的领域标准来表示	RDA-R1. 3-02M	●●●非常重要
R1. 3	数据以符合机器可理解的领域标准来表示	RDA-R1. 3-02D	●● 重要

注:M 代表元数据;D 代表数据

FAIR 数据成熟度模型制定的,于 2020 年 10 月发布 v0.4 版本,该版本共包括 17 个指标(见表 3),用于评估研究数据对象的 FAIR 遵循度[22]。FAIRsFAIR 数据对象评估指标并没有全部采纳 RDA 的 FAIR 数据成熟度模型的所有“非常重要”指标,反而还采用了一些在 FAIR 数据成熟度模型中被认为“重要”的指标,如“互操作”维度的 3 个指标,其在 FAIR 数据成熟度模型中都不是“非常重要”的指标。

表 3 FAIRsFAIR 数据对象评估指标

对应的 FAIR 原则	指标名称	指标标识	指标含义
可发现	标识符的唯一性	FsF-F1-01D	数据被分配了全球唯一标识符
	标识符的永久性	FsF-F1-02D	数据被分配了永久性标识符
	描述性核心元数据	FsF-F2-01M	元数据包含描述性的核心元素(如创建者、题名、数据标识符、发布者、发布日期、摘要、关键词等)以支持数据发现
	元数据中的资源标识符	FsF-F3-01M	元数据包含所描述数据的标识符
	可检索的元数据	FsF-F4-01M	元数据可通过机器检索
可访问	数据检索信息	FsF-A1-01M	元数据包含数据检索的条件及环境
	元数据的标准化通讯协议	FsF-A1-02M	元数据可通过标准化通讯协议检索
	数据的标准化通讯协议	FsF-A1-03D	数据可通过标准化通讯协议检索
	元数据的保存	FsF-A2-01M	即使数据不再可用时,元数据仍能获取
可互操作	元数据的标准表示	FsF-I1-01M	元数据使用标准化格式的知识语言来表示
	具有语义资源的元数据	FsF-I1-02M	元数据使用语义资源
	与实体相关的链接	FsF-I3-01M	元数据包含数据与其相关实体的链接
可重用	数据内容的元数据	FsF-R1-01M	元数据能准确反映数据的内容
	数据使用许可	FsF-R1. 1-01M	元数据包含数据重用的许可信息
	数据溯源	FsF-R1. 2-01M	元数据包含数据创建或产生的来源信息
	领域元数据的标准化	FsF-R1. 3-01M	元数据符合领域所推荐的标准
	数据文件格式	FsF-R1. 3-02D	数据符合领域所推荐的文件格式

注:M 代表元数据;D 代表数据

欧洲开放科学云的 FAIR 评估指标也是基于 RDA 的 FAIR 数据成熟度模型,从中挑选了 26 个指标形成了 EOSC FAIR 评估指标,应用于欧洲开放科学云的数据集及其他数字对象的 FAIR 遵循度评估[23]。该模型的可发现指标有 5 个,包括 RDA-F1-01D /E、RDA-F1-02D /E、RDA-F2-01M /E、RDA-F3-01M /E、RDA-F4-01M /E;可访问指标 8 个:RDA-A1-01M /I、RDA-A1-02M/I、RDA-A1-02D/E、RDA-A1-03D/E、RDA-A1-04M /E、RDA-A1-04D/E、RDA-A1-05D/I、RDA-A2-01M /E;可互操作指标 5 个:RDA-I1-01M /I、RDA-I1-01D/I、RDA-I1-02M/I、RDA-I1-02D/I、RDA-I2-01M/I;可重用指标 8 个:RDA-R1-01M/E、RDA-R1. 1-01M/E、RDA-R1. 1-02M/I、RDA-R1. 1-03M/I、RDA-R1. 2-01M/I、RDA-R1. 3-01M/E、RDA-R1. 3-01D/E、RDA-R1. 3-02M/E(各指标标识为 RDA 的 FAIR 数据成熟度模型指标标识及重要性,见表 2)。

在评估方法方面,FAIRsFAIR 数据对象评估指标、EOSC 的 FAIR 评估指标未提出明确的评估方法,而 RDA 的 FAIR 数据成熟度模型提供了两种评估方法。一种是评估 FAIR 进展程度,即评估每一个指标的成熟度级别以评估某一数字资源在该指标下遵循 FAIR 原则的程度。成熟度级别主要包括 5 个级别,如表 4 所示:

表 4 FAIR 数据成熟度模型的成熟度级别

每个指标(或每个 FAIR 方面的成熟度级别)	0——不适用
	1——还未考虑
	2——正在考虑/计划阶段
	3——正在实施
	4——完全实施

图 1 是利用上述评估方法得到的评估结果的可视化图。图 1 清晰展示了被评估的数字资源在“可发现”方面做得很好,而在“可访问”“可互操作”“可重用”方面还有小部分指标有待提高。该评估方法特别适合想要做自我评估的数据创建者或出版者以发现其数字资源 FAIR 化有待提高的方面。

第二种评估方法是评估“符合或不符合”性,即针对每一指标,只需要回答“符合”还是“不符合”,以评估某一数字资源是否符合该指标。如评估“RDA-F4-01M”(元数据在搜索应用服务中注册或索引)指标,如果某数字资源在该指标下不能实现元数据在搜索应用服务中注册或索引,则评估结果为“不符合”,如果在该指标下实现了元数据在搜索应用服务中注册或索引,则评估结果为“符合”。这种方法比前一种方法更严格,因为每个指标只有两个评估结果,即“符合”或“不符合”,实际上相当于只统计了前一种方法中达到第 4 级别的指标,即前一种方法中某指标达到第 4 级在第二种评估方法中才算“符合”。

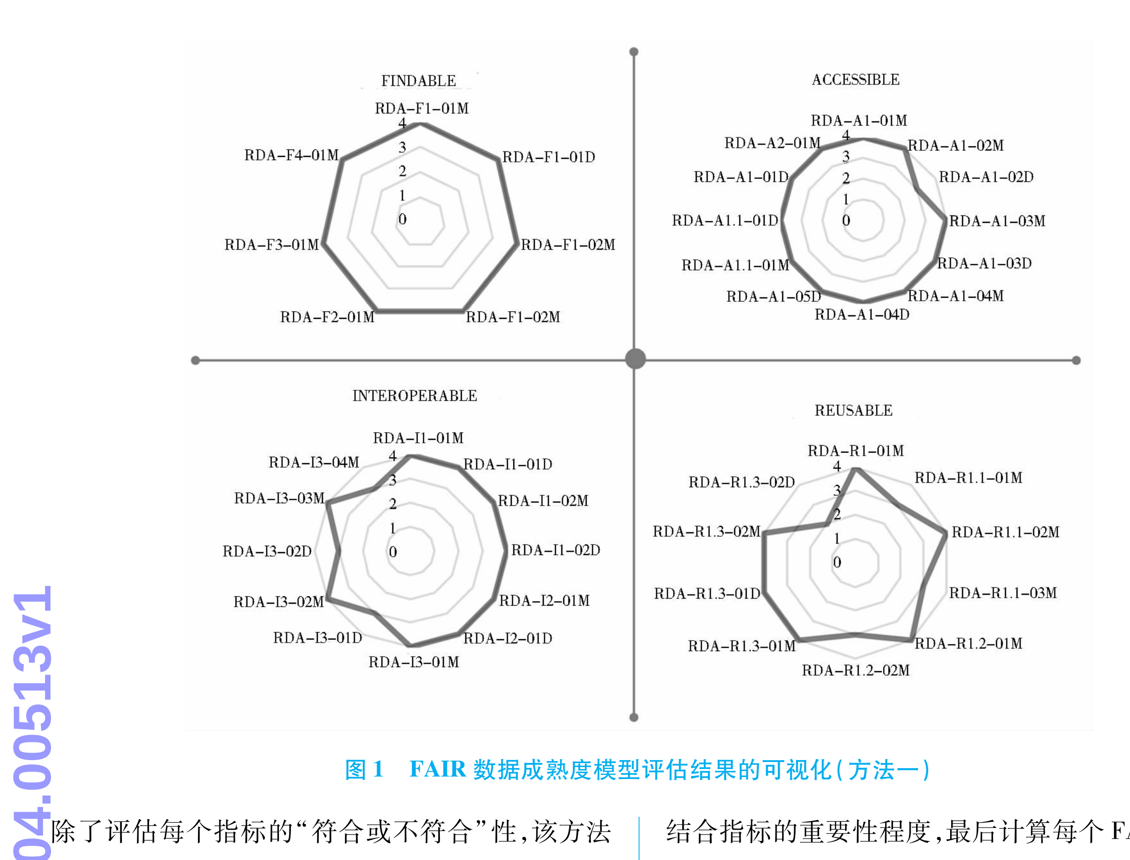


图 1　FAIR 数据成熟度模型评估结果的可视化(方法一)

除了评估每个指标的"符合或不符合"性,该方法还考虑指标的重要性程度以评估某数字资源的 FAIR 遵循程度。通过评估每个指标的"符合或不符合"性,结合指标的重要性程度,最后计算每个 FAIR 维度的遵循度级别。遵循度级别计算方法如表 5 所示:

表 5　FAIR 数据成熟度模型基于指标重要性程度的评估方法

级别	级别含义	"非常重要"指标	"重要"指标	"有用"指标
Level 0	未实现 FAIR 化	○		
Level 1	仅"非常重要"指标达到要求;	●		
Level 2	"非常重要"指标 +50% 的"重要"指标达到要求	●	◐	
Level 3	"非常重要"指标 + 全部"重要"指标达到要求	●	●	◐
Level 4	"非常重要"指标 + 全部"重要"指标 +50% 的"有用"指标达到要求	●	●	
Level 5	"非常重要"指标 + 全部"重要"指标 + 全部的"有用"指标达到要求	●	●	●

注:空心圆代表没有一个指标达到要求;半实心半空心圆代表有一半指标达到要求;实心圆代表全部指标都达到要求

图 2 是利用第二种评估方法得到的评估结果。从图 2 可看出,被评估的资源在"可发现"方面达到了 Level 5,在"可互操作"方面达到了 Level 3,即"可互操作"方面大部分"重要"指标达到要求,少部分"有用"指标达到了要求,而"可访问"和"可重用"方面还未达到最低要求 Level 1。第二种评估方法适合第三方机构(如基金资助机构)去评估其所资助的项目资源的 FAIR 化程度。

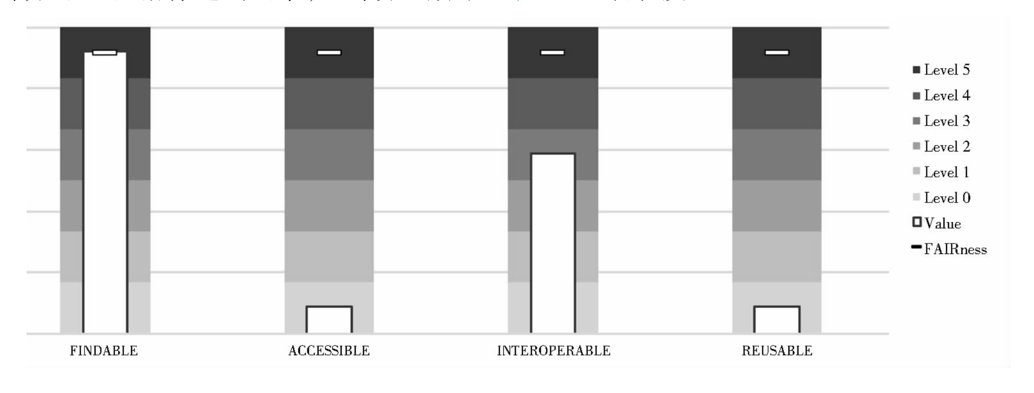


图 2　FAIR 数据成熟度模型评估结果的可视化图表(方法二)

3 评估模型/工具对比分析

3.1 评估方法类型

从评估方法类型上看，可以划分为两种类型：FAIR遵循度评估指标、FAIRdat、FAIR数据评估工具、5星数据评估工具这4个属于相同类型，都是以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具。每个指标都设置了若干个问题，并设置了各个问题的结果选项，通过回答问题产生评估结果。评估结果或者是一个总结果（如FAIR数据评估工具）、或者是FAIR4个维度的星级结果（如FAIRdat、5星数据评估工具）。

FAIR数据成熟度模型、FAIRsFAIR数据对象评估指标、EOSC的FAIR评估指标这3个属于同一类型。尽管FAIRsFAIR数据对象评估指标、EOSC的FAIR评估指标未提出明确的评估方法，但其指标都来源于FAIR数据成熟度模型，未来可能会考虑成熟度评估方法。FAIR数据成熟度模型是基于成熟度模型理论与方法，评估数据集的FAIR化水平及发现有待提高的方面，并不像以网络清单/表单/列表或问卷形式的评估工具，只关注最终结果，而是提供了每个指标的成熟度级别（通常是5级），评估结果不仅给出一个最终的成熟度评估，还能了解到与最高成熟度级别的差距，评估者只要按照成熟度级别一级级往上提高，最终将实现最优级别的FAIR化水平。

3.2 评估方法的自动化程度

从评估方法的自动化程度来看，大部分评估模型/工具都是以人工评价为主，通常采用自评估工具方式由数据集拥有者自己去评估。目前FAIR指标小组和FAIRsFAIR正在探索自动化评估，但仍在研究中。虽然人工参与评价无可厚非，尤其是FAIR原则中有一些主观性的原则，如数据描述的丰富性原则，这些主观性的原则更多需要人工鉴别。但是，针对大规模数字对象的评估，仅仅依赖人工评价是不现实的，需要探索更加自动化的评价模式，通过机器或自动化程序去判断数字资源对FAIR遵循程度的评估。目前由于不同学科领域具有不同的标准与需求，以及机器可读资源的缺乏、元数据丰富性缺乏等问题，自动化评价模式的实现仍具有挑战性，目前还未有完全自动化的评估工具。

3.3 评估方法的可操作性

从评估方法的可操作性来看，FAIR数据成熟度模型是最全面的，其给出了两种评估方法，具有较强的可操作性。FAIR数据评估工具、FAIRdat、5星数据评估工具主要采取网络清单/表单/列表或问卷形式的评估，操作流程较为简便。FAIRsFAIR数据对象评估指标、EOSC的FAIR评估指标还未给出具体的评估方法。

3.4 指标数量与分布

从指标数量与分布来看，除了5星数据评估工具外，其余6个都基于FAIR原则制定其指标。指标最多的是FAIR数据成熟度模型，共41个。指标最少的是FAIRdat，只有10个。各评估工具在FAIR4个维度的指标分配数量也不尽相同。FAIR遵循度评估指标、FAIRdat、FAIR数据评估工具指标设置更多倾向于“可发现”“可获取”方面，在“可互操作”“可重用”方面的指标设置较少，而5星数据评估工具、FAIR数据成熟度模型的指标设置更多倾向于“可互操作”“可重用”方面，EOSC的FAIR评估指标设置更多倾向于“可发现”“可重用”方面，FAIRsFAIR数据对象评估指标设置在FAIR4个方面分配较为平均。如表6所示：

表6 7个评估模型/工具在F、A、I、R维度的指标分布

评估框架/工具	F	A	I	R	合计
FAIR遵循度评估指标	5	3	3	3	14
FAIRdat	3	2	5	0	10
FAIR数据评估工具	4	3	3	1	11
5星数据评估工具	3	2	4	5	14
FAIR数据成熟度模型	7	12	12	10	41
FAIRsFAIR数据对象评估指标	5	4	3	5	17
EOSC的FAIR评估指标	5	8	5	8	26

3.5 元数据方面指标的设置

大量的机器可操作的元数据对于数据和服务的可发现不可或缺，因此元数据在FAIR原则中处于非常重要的地位。FAIR遵循度评估指标、FAIRdat、FAIR数据评估工具、5星数据评估工具没有明确区分数据及元数据层面的指标，FAIR数据成熟度模型、FAIRsFAIR数据对象评估指标、EOSC的FAIR评估指标这几个明确区分了数据及元数据的模型则对元数据方面的指标给予了倾斜，如FAIR数据成熟度模型的41个指标中有23个是关于元数据方面的指标，而FAIRsFAIR数据对象评估指标的17个指标中有13个是关于元数据的指标，欧洲开放科学云FAIR评估指标的26个指标中有16个是关于元数据的指标。

3.6 指标的清晰度

7个评估模型/工具在“可发现”“可检索”“可互操作”方面的指标整体比较明确，易于理解与区分，而在“可重用”方面，指标设置要么较少，如FAIR数据评估工具在“可重用”方面只有1个指标，要么设置过多，

如 FAIR 数据成熟度模型关于“元数据的许可协议”就有“元数据包含数据可重用的许可协议信息”“元数据指向一个标准化的重用许可”“元数据指向一个机器可理解的重用许可”3 个指标。在“可重用”方面,还存在相关指标之间较为模糊,区分度不够明显的问题。如 FAIRsFAIR 数据对象评估的“可重用”方面指标中,“数据内容的元数据”“领域元数据的标准化”“数据文件格式”区分度不够明显,不易于理解。EOSC 的 FAIR 评估指标中“可重用”方面的“元数据符合领域标准”“元数据以符合机器可理解的领域标准来表示” 区分度也不够明显。因此,“可重用”方面的指标清晰度还有待提高。

4　FAIR 数据评估模型与工具总体评价

7 个评估模型/工具主要对数据集进行评价,对于非数据型的数字对象,如软件、语义等尚未开展评价,这主要是因为 FAIR 原则主要是针对数据层面的准则,基于 FAIR 原则制定的评估模型/工具自然以数据集为主要评估对象。各评估模型/工具也基本未限定使用领域,不同人员(数据创建者、数据发布者、科研资助机构等)都可使用这些评估模型/工具如表 7 所示:

表 7　7 个评估模型/工具主要情况比较

评估工具	创建者	评估对象	受众	工具类型	优势/特色	不足
FAIR 遵循度评估指标	FAIR 指标小组	数字资源(Digital resources)、数据集(Datasets)	未限定	自我评估问卷	指标严格遵循 FAIR 原则	未说明评分结果的计算方法,评估过程较为主观
FAIRdat	DANS	数据集(Datasets)	未限定	网络清单(Online-checklist)	指标简明	未设置“可重用”方面的评估指标
FAIR 数据评估工具	ARDC	数据集(Datasets)	数据馆员及 IT 人员,也适用于软件工程师及研究人员	网络清单	指标简明	未说明评分结果的计算方法,评估过程较为主观
5 星数据评估工具	CSIRO	数据集(Datasets)	未限定	网络清单	包含部分 FAIR 原则未涉及的指标	未说明评分结果的计算方法,评估过程较为主观
FAIR 数据成熟度模型	RDA	数据资源及其元数据	未限定	成熟度评估	①指标全面;②对指标的重要程度进行划分;③评估方法独特且全面:评估成熟度级别	指标较多,评估较为繁琐
FAIRsFAIR 数据对象评估指标	FAIRsFAIR	研究数据对象,包括数据、元数据及其文档(如政策及流程等)	未限定	未提供具体评估方法	继承了 FAIR 数据成熟度模型的指标,且指标更加简明	仅仅提供了一个指标框架,没有提供具体评价方法
EOSC 的 FAIR 评估指标	EOSC	数据集(Datasets)	未限定	未提供具体评估方法	继承了 FAIR 数据成熟度模型的指标	未提供具体评价方法

此外,各评估模型/工具有其优势与不足。FAIR 遵循度评估指标、FAIRdat、FAIR 数据评估工具、5 星数据评估工具这类以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具的优势是评估流程简单,只需按照所列问题回答即可,缺点是评估费力费时,需要特别熟悉数据集才能比较快速地给出答案,此外评估结果计算主观性较强,目前的几个工具都未提及评估结果的详细计算方法。

对指标的重要程度进行划分是 FAIR 数据成熟度模型的重要特色。数据创建者或出版者可重点对“非常重要”的 20 个指标评估、改进与提高。同时该模型给出了两种评估方法评估某一指标(如评估方法一)或 FAIR 各维度(如评估方法二)的成熟度级别,为 FAIR 数据评估提供了一种不同的视角。

FAIRsFAIR 数据对象评估指标整合了 FAIR 数据成熟度模型的部分指标,更加简明,如“互操作”维度只选择了 3 个指标。此外,有的地方还使用了不同的表达方式,如“描述性核心元数据”指标,在 FAIR 数据成熟度模型中是用“元数据的丰富性”表示。但其唯一不足的是仅仅提供了一个指标框架,没有提供具体评价方法。

EOSC 的 FAIR 评估指标选择了 FAIR 数据成熟度模型的部分指标,但遗憾的是该指标体系同样未提供具体评价方法。

5　对选择与应用 FAIR 数据评估模型与工具的建议

7 个评估模型/工具各有其功能特点,各具有不同

的指标及评估方法，具有互补性。因此，国内相关组织在选择与应用 FAIR 数据遵循度评估模型/工具时，应该汲取各评估模型/工具的优势与特色，而不是非此即彼的选择方案。基于评估方法类型、评估方法的可操作性、指标数量与分布等因素综合考虑，在此提出一种方案仅供参考：FAIRsFAIR 数据对象评估 + RDA 的 FAIR 数据成熟度模型，即采用 FAIRsFAIR 数据对象评估的 17 个指标及 RDA 的 FAIR 数据成熟度模型的评估方法。

评估指标与评估方法是选择与应用 FAIR 遵循度评估模型/工具时需要重点关注的两个方面。FAIRsFAIR 数据对象评估共有 17 个指标，各指标在 FAIR4 个维度上分配较为均匀，且基本与 FAIR 原则保持一致，此外，它整合了 FAIR 数据成熟度模型的部分指标，更加简明扼要，还继承了 FAIR 数据成熟度模型对指标的重要程度进行划分的特色。因此，它的指标不失为一种可靠选择。当然，FAIRsFAIR 数据对象评估的指标并非完全适用于任何组织。国内相关组织可在此基础上考虑指标的包容性，如是否符合多种利益相关者的需求？是否适合不同学科领域的需求？根据自身的评估目的与需求对指标进行修改与微调，建立更加科学合理的评估指标。

关于评估方法的选择，鉴于"FAIRsFAIR 数据对象评估"模型目前还未提出明确的评估方法，可选择 FAIR 数据成熟度模型的评估方法。与以网络清单/表单/列表或问卷形式的自评估工具只关注一个最终评估结果相比，以 FAIR 数据成熟度模型为代表的模型，基于成熟度模型理论与方法，提供每个指标的成熟度级别以评估数据集的 FAIR 化水平及发现有待提高的方面。FAIR 数据成熟度模型的成熟度评估方法可以了解某数据资源的 FAIR 化水平处于哪一个层次、存在什么问题，进而确定改进策略与计划，其定义的 5 个发展层级实际上是一个标准的数据 FAIR 化所必须经历的流程，当所有数据存储库都按照这 5 个发展层级推进其数据 FAIR 化，数据 FAIR 实施的标准化将指日可待。此外，当所有数据资源都采用此评估方法，该评估方法成为衡量的基准，有利于不同数据存储库的数据 FAIR 化水平的比较。

需要说明的是，该方案中的基于成熟度模型的评估方法本质上仍是人工评估，未来需要随着需求及技术的变化适时向自动化评估方向发展。数据规模化产出是数据密集型科研方式的主要特点，规模化数据的 FAIR 化评估需要自动化评估方法与工具。FAIR 的核心目标是建设机器可充分利用的数据资源。当数据规模化且是机器可理解的 FAIR 数据时，FAIR 数据的评估随之也需要采取自动化的评估方式才能跟上时代的步伐。正因为如此，FAIRsFAIR 基于 FAIRsFAIR 数据对象评估指标的 17 个指标中的 16 个，开发了一个自动化评估工具 F-UJI[24]。F-UJI 基于数据对象标识符（如 PID 或 URL）对数据资源进行评估，已测试 5 个 CoreTrustSeal 认证数据存储库的数据集的 FAIR 遵循度情况，未来还将不断增加合作测试的数据存储库。因此，评估指标和评估方法的选择都不是一成不变的，随着需求及技术的变化，可选择的模型也更加多样智能化。

6 结语

本文对 7 个评估 FAIR 遵循度的指标模型与工具进行了分析，也体现出了国际上主要组织对建立明确的、有识别力的、可测量的并且通用性强的 FAIR 遵循度评估指标所做的努力。需要说明的是，评估不是目的，更重要的是基于评估的结果采取切实有效的措施与行动去改善评估发现的问题，最终提高数据的 FAIR 化水平。

参考文献：

[1] BAHIM C, DEKKERS M, WYNS B. Results of an analysis of existing FAIR assessment tools[EB/OL]. [2020-12-16]. https://www.rd-alliance.org/group/fair-data-maturity-model-wg/outcomes/results-analysis-existing-fair-assessment-tool.
[2] GoFAIR. FAIR principles[EB/OL]. [2020-12-16]. https://www.go-fair.org/fair-principles/.
[3] WILKINSON M D, DUMONTIER M, AALBERSBERG I J, et al. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship[J/OL]. Scientific data, 2016, 3(1). [2020-12-16]. http://DOI:10.1038/sdata.2016.18.
[4] JACOBSEN A, DE MIRANDA AZEVEDO R, JUTY N, et al. FAIR principles: interpretations and implementation considerations[J]. Data intelligence, 2020, 2(1/2): 10-29.
[5] JACOBSEN A, KALIYAPERUMAL R, BONINO DA SILVA SANTOS L O, et al. A generic workflow for the data FAIRification process[J]. Data intelligence, 2020, 2(1/2): 56-65.
[6] GoFAIR. The three-point FAIRification framework [EB/OL]. [2020-12-16]. https://www.go-fair.org/how-to-go-fair/.
[7] European Commission. Turning fair into reality(2018) [R/OL]. [2020-12-16]. http://DOI:10.2777/1524.
[8] FAIR in practice task force of the European open science cloud FAIR working group. Six recommendations for implementation of FAIR practice[EB/OL]. [2020-12-16]. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4630fa57-1348-11eb-9a54

-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-166584930.

[9] HAHNEL M, DAN V. How to easily extend the FAIRness of existing repositories[J]. Data intelligence, 2020, 2(1/2):192－198.

[10] DUNNING A, DE SMAELE M, BÖHMER J. Are the FAIR data principles fair? [J]. International journal of digital curation,2017, 12(2):177－195.

[11] 段青玉,王晓光. 人文社科数据出版平台 FAIR 原则应用调查研究[J]. 科技与出版,2019(4):6－11.

[12] 杨啸林,杨晟, 潘虹洁,等. FAIR 准则与生物医学数据标准应用服务[J]. 中国医学伦理学, 2020, 33(2):153－159.

[13] 邢文明,郭安琪,秦顺,等. 科学数据管理与共享的 FAIR 原则——背景、内容与实施[J]. 信息资源管理学报, 2021, 11(2): 60－67.

[14] 宋佳,温亮明,李洋. 科学数据共享 FAIR 原则:背景、内容及实践[J]. 情报资料工作,2021,42(1):57－68.

[15] WILKINSON M D, SUSANNA-ASSUNTA S, SCHULTES E, et al. A design framework and exemplar metrics for FAIRness [J/OL]. Scientific data, 2018, 5. [2020－12－09]. http://DOI: 10.1038/sdata.2018.118.

[16] THOMAS E. FAIR data assessment tool[EB/OL]. [2020－12－09]. http://blog.ukdataservice.ac.uk/fair-data-assessment-tool/.

[17] ANDS-Nectar-RDS FAIR data assessment tool [EB/OL]. [2020－12－17]. https://www.ands-nectar-rds.org.au/fair-tool.

[18] FAIRMetrics/Metrics: FAIR metrics, evaluation results, and initial release of automated evaluator code[EB/OL]. [2020－12－09]. https://zenodo.org/record/1305060#.X881KYq7DBl.

[19] FAIRdat[EB/OL]. [2020－12－09]. https://www.surveymonkey.com/r/fairdat.

[20] CSIRO 5-star assessment tool checklist[EB/OL]. [2020－12－18]. http://oznome.csiro.au/5star/.

[21] Research Data Alliance FAIR Data Maturity Model Working Group. FAIR data maturity model: specification and guidelines[EB/OL]. [2020－12－18]. https://www.rd-alliance.org/group/fair-data-maturity-model-wg/outcomes/fair-data-maturity-model-specification-and-guidelines-0.

[22] DEVARAJU A, HUBER R, MOKRANE M, et al. FAIRsFAIR data object assessment metrics (v0.4)[EB/OL]. [2020－12－15]. https://zenodo.org/record/4081213#.X7yDbIq7DBk.

[23] GENOVA F, ARONSEN JM, BEYAN O, et al. EOSC FAIR metrics-second draft for consultation[EB/OL]. [2020－12－16]. https://zenodo.org/record/4106116#.X7yRZYq7DBk.

[24] F-UJI online test service [EB/OL]. [2020－12－17]. https://seprojects.marum.de/fuji/api/v1/ui/.

Research on FAIR Data Assessment Models and Tools

Ye Lan

Shenzhen University Library, Shenzhen 518060

Abstract: [**Purpose/significance**] This paper compares the main FAIR assessment models and tools in order to provide references for stakeholders in data management to assess data FAIRness. [**Method/process**] The metrics and the evaluation methods of each model or tool were introduced through a literature review and content analysis. The comparative analysis method was also used to evaluate FAIR assessment models and tools from 6 aspects, including types, automation, operability of FAIRness evaluation method, number and distribution of indicators, metadata indicator settings, and indicator clarity. [**Result/conclusion**] Based on the comparison of each model or tool, a solution of "FAIRsFAIR Data Object Assessment Metrics + RDA FAIR Data Maturity Model" is proposed for stakeholdersin data management in selecting and application of FAIR assessment models.

Keywords: FAIR assessments dataFAIRness FAIR maturity FAIR metrics data FAIRification FAIR principles